

职业高级中学教材 (机电专业)

农村应用电工

重庆出版社

云南教育出版社 贵州教育出版社 四川教育出版社



责任编辑 叶小荣
封面设计 王小珊
技术设计 寇小平

曾祥富 编
农村应用电工

重庆出版社出版(重庆长江二路205号)
新华书店重庆发行所发行 安康印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张16 插页 字数339千
1991年7月第一版 1991年7月第一版第一次印刷
印数: 1—7,050

ISBN 7-5366-1619-8/G·530(课)
定价: 4.70 元

西南三省四方职业高级中学教材编委会

主 任 杜 江

(以下按姓氏笔画为序)

副主任 马士会 牟维坤 邹文泰 褚家蒙

编 委 王菊明 白梅莉 冯瑞奇 刘致凡

李 力

编写说明

为适应农村产业结构调整的需要,加速培养乡镇企业技术人员和提高农村劳动者素质,云南省教委、贵州省教委、四川省教委、重庆市教委联合组织编写了农村机电专业职业高中教材,由云南教育出版社、贵州教育出版社、四川教育出版社、重庆出版社联合出版。

这套教材暂定7种,计划1991年出版《机械识图》、《机械识图习题集》、《农村应用钳工》、《农村应用电工》、《柴油机汽油机维修》5种,1992年出版《小型电机维修》、《小型农机具维修》2种。

以上教材按照“着重职业技能的训练,训练范围不要太窄,基础教育也要适当配合”的原则编写。在内容上注重科学性、实用性、针对性;文字表述上力求深入浅出,浅显易懂,言简意明;形式上图文并茂。它既可作为农村机电专业职业高中、农村机电人员培训班的选用教材,也可作为普通中学劳技课及农村机电人员的参考读物。

本书包括电工基础知识、农村安全用电与防雷、电工操作基本工艺、内线工程、低压架空线路、常用低压电器、电力拖动与常用机床电路、农村常用电工仪表等内容。全书共八章,每章末附有适量习题。

本书由曾祥富编著,覃考、牟维坤审稿。

职业高中的教材建设是一项新工作，没有经验，书中难免有不当之处，恳请广大师生和读者指正，以便再版时修订。

云贵川渝职业高中教材编委会

1990年8月

目 录

第一章 电工基础知识.....	(1)
第一节 电的基本概念.....	(1)
第二节 直流电路.....	(6)
第三节 磁与电的转换.....	(33)
第四节 电磁感应.....	(44)
第五节 单相交流电路.....	(53)
第六节 三相交流电路.....	(92)
第二章 农村安全用电与防雷.....	(113)
第一节 触电常识.....	(113)
第二节 安全电压.....	(120)
第三节 触电原因及预防措施.....	(122)
第四节 触电急救.....	(124)
第五节 农村防雷常识.....	(132)
第三章 电工操作基本工艺.....	(142)
第一节 常用电工工具.....	(142)
第二节 电工识图.....	(155)
第三节 线头加工工艺.....	(180)
第四节 焊接工艺.....	(194)
第五节 电气设备紧固件的埋设.....	(203)

第四章 内线工程.....	(211)
第一节 内线安装基本知识.....	(211)
第二节 线路施工工艺.....	(220)
第三节 照明设备的安装与维修.....	(253)
第四节 动力设备的安装.....	(288)
第五节 线路的维修.....	(309)
第五章 低压架空线路.....	(316)
第一节 外线安装基本知识.....	(316)
第二节 电杆施工.....	(325)
第三节 导线的架设.....	(342)
第四节 接地装置.....	(353)
第五节 低压架空线路的维修.....	(364)
第六章 常用低压电器.....	(368)
第一节 低压电器的分类与用途.....	(368)
第二节 开关类电器.....	(368)
第三节 低压熔断器.....	(380)
第四节 交流接触器.....	(385)
第五节 常用继电器.....	(391)
第六节 起动器.....	(398)
第七节 主令电器.....	(402)
第八节 低压电器常见故障检修.....	(407)
第七章 电力拖动与常用机床电路.....	(418)
第一节 电动机全压起动控制电路.....	(418)
第二节 电动机降压起动控制电路.....	(431)
第三节 电动机制动控制电路.....	(439)
第四节 电动机调速控制电路.....	(450)

第五节	农村常用机械与机床控制电路·····	(462)
第六节	常用电力拖动装置与机床控制电路的 维修·····	(471)
第八章	农村常用电工仪表·····	(477)
第一节	常用电工仪表的基本知识·····	(477)
第二节	电流表与电压表·····	(478)
第三节	电度表·····	(485)
第四节	功率表·····	(487)
第五节	钳形电流表·····	(491)
第六节	兆欧表·····	(492)
第七节	万用表·····	(496)

第一章 电工基础知识

本章将叙述电工学的基础知识，包括电的基本概念、直流电路、交流电路的基本规律和一般计算、电与磁的转换、电磁感应、三相交流电等内容。通过本章的学习，可为电气安装维修打下理论基础。

第一节 电的基本概念

一、电荷间的作用力与库仑定律

自然界的一切物质都是由原子核和一定数量的电子组成。原子核有质子和中子。其中质子带正电荷，中子不带电，电子带负电荷。在一般情况下，物质的正电荷和负电荷在数值上都相等，两种电荷相互抵消，因而对外部不显示电性质。若由于某种原因物质失去电子，就带正电荷，得到电子，就带负电荷。

一个电子所带的电量是自然界中最小的电荷量，所以我们把它叫做基本电荷。它的电量为：

$$e = -1.60 \times 10^{-19} \text{库仑}$$

1 库仑 (C) 电荷约等于 6.25×10^{18} 个电子所带的总电量。

物理实验证明，同性电荷互相排斥，异性电荷互相吸

引。1785年法国物理学家库仑对电荷之间的相互作用力进行了定量测定，总结出电荷间相互作用力所遵循的规律，这一规律称为库仑定律。

在真空中两个点电荷的相互作用力与两个电量的乘积成正比，与它们间距离的平方成反比，作用力的方向在两电荷的连线上，电荷间的这种作用力称为静电力（或库仑力）。其计算公式为

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1-1)$$

式中： q_1, q_2 ——两个点电荷所带电量 (C)

r ——两点电荷之间的距离 (m)

k ——静电力恒量 $k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

F ——静电力 (N)

在电介质中，库仑定律的公式应为

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} \quad (1-2)$$

式中： ϵ ——电介质的相对介电常数，在真空中 $\epsilon = 1$ ，空气中 $\epsilon \approx 1$

二、电场强度及电力线

实验表明，两个点电荷间存在着距离，且又显示出了相互的作用力，这说明带电体周围空间存在着一种特殊物质，它可以传递电荷之间的相互作用力。这种特殊物质称为电场。电荷及周围空间存在的电场是一个不可分割的整体，凡有电荷存在的空间，就一定有电场存在。

电场具有两个重要的属性，如下所述：

1. 位于电场中的任何带电体都将受到电场力的作用——电场的力学性质。

2. 带电体在电场中受电场力作用而发生移动时，电场力要作功——电场的能量性质。

将点电荷引入电场后，可以发现，该点电荷在电场中不同位置，它所受的电场力大小和方向是不同的，进一步的测量证明，对于电场中某一确定点，点电荷所受的电场力与它所带电量成正比，即：点电荷在电场中某点所受的电场力与它所带电量的比值是一个常数。但对电场中不同的点，比值不同，我们规定：对电场中某一确定点，点电荷所受到的电场力与它所带电量的比值称为这一点的电场强度，简称场强。

按场强的定义有下述关系式

$$E = \frac{F}{q} \quad (1-3)$$

式中： F ——点电荷所受电场力 (N)

q ——点电荷所带电量 (C)

E ——电场强度 (N/C)

电场强度是既有大小又有方向的量，称为矢量。

为了形象地描述电场，人们假想了电力线，用它来表示电场的强弱和方向。电力线是从正电荷出发，到负电荷终止。它们之间既不相交，也不封闭，如图1-1所示。

电力线上任一点的切线方向，表示了该点电场强度的方向。而电力线的密疏程度则表示该点电场强度的强弱。

若电场中各点电场强度的大小和方向都相同，这种电场则叫做匀强电场。在匀强电场中，电力线互相平行且间隔距

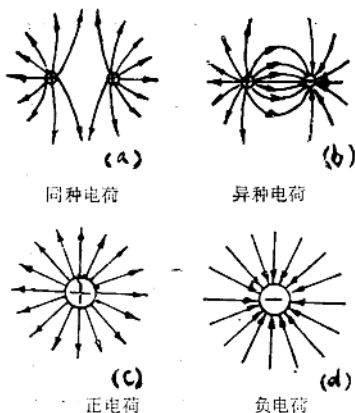


图1-1 几种电场的电力线

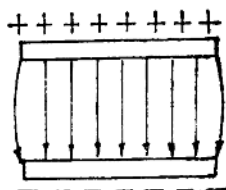


图1-2 匀强电场

离相等，如图1-2所示。

例1-1 电场中某点放一点电荷，其电量 $q=0.05 \times 10^{-8}\text{C}$ ，它所受的电场力为 $3 \times 10^{-4}\text{N}$ ，求该点的电场强度。

解：根据 $E = \frac{F}{q}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3 \times 10^{-4}}{0.05 \times 10^{-8}} \\
 &= 6 \times 10^5 (\text{N/C})
 \end{aligned}$$

三、电位和电压

如上所述，电场具有力的性质，可用电场强度进行描述。同时它又具有能的性质，可用电位和电位差进行描述。

如图1-3所示，在正电荷 Q 的电场中，有 a 、 b 两点。若把正的单位点电荷 q 从 b 点移到 a 点，外力必然要反抗电场力作

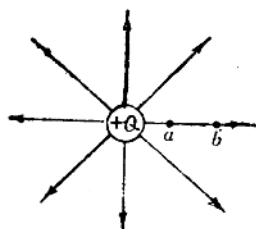


图1-3 正电荷电场中的电位 等于 q 在 a 点的位能。

设正电荷 q 在 a 点的位能为 A ，按上面所述道理可以证明， $2q$ 在 a 点的位能为 $2A$ ， $3q$ 在 a 点的位能为 $3A$ ……， nq 在 a 点的位能为 nA 。即使说，在 Q 的电场中确定的 a 点，电荷的位能与它所带电量之比

$$\frac{A}{q} = \frac{2A}{2q} = \frac{3A}{3q} = \dots = \frac{nA}{nq}$$

是一个常数。不同的点，这个比值不同。

为了描述电场能的性质，我们把电场中某点电荷的位能与该电荷所带电量之比，定义为该点的电位，用 V 表示。即

$$V = \frac{A}{q} \quad (1-4)$$

式中： A ——电场中某点电荷的位能。焦耳 (J)

q ——点电荷的电量 (C)

V ——电场中某确定点的电位。伏 (V)

显然， $1V = 1J/C$

若电场中有 a 、 b 两点，设 A 点电位为 V_a ， b 点电位为 V_b 。我们把 $V_a - V_b$ 叫做 a 、 b 两点的电位差，又叫做 a 、 b 两点间的电压，用 U_{ab} 表示，即

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

在图1-3中, 由式 (1-4) 可以看出, a 点位能是 qV_a , b 点位能是 qV_b 。当点电荷 q 从 a 点移到 b 点时, 电场力做功, 使位能减少量为 $q(V_a - V_b)$ 即

$$A = q(V_a - V_b) = qU_{ab}$$

$$U_{ab} = \frac{A}{q} \quad (1-5)$$

上式表明, 电场中 A 、 B 两点间的电压等于电场力将单位电荷在电场中从 A 点移到 B 点所做的功。

例1-2 设正电荷所带电量为 0.005C , 从电场中 a 点移到 b 点时, 电场力所做的功为 0.12J , 试求 a 、 b 两点间的电压 U_{ab} 。

解:
$$U_{ab} = \frac{A}{q} = \frac{0.12}{0.005} = 24(\text{V})$$

第二节 直流电路

一、直流电路的基本概念

(一) 电路的组成

物质中的电子和质子都在不停地作热运动, 如果将它们置于电场作用下, 这些带电粒子除作热运动外, 还将按电场力的方向作定向运动, 这些带电粒子的定向移动便形成电流。提供电流流通的路径称为电路。电路通常由电源、负载、开关、导线四部分组成。如图 1-4 所示。现将它们各自的作用分述于下:

电源 一种将其他形式的能量转换为电能的装置, 为

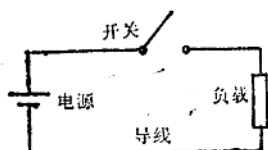


图 1-4 简单电路

电路提供能源，如干电池、蓄电池、交流发电机等都是电源。

负载 使用电能的装置，也称用电器。它的作用是通过电流作功，把电能转换为其他形式的

能量。如电炉是负载，它通过发热作功把电能转换为热能；电动机也是负载，它将电能转换为机械能，向工作机械输出机械功。

控制电器 对电路进行控制和保护，使电路安全地按人们的需要运行。如开关、保护装置等。

导线 用来联接电器，接通电路，传输电能。

若电路中有电流正常流通，则称为通路。若电路中某处或几处导线被切断，则称为断路或开路。若在电路中电流不通过负载，从电源高电位端出发直接流到低电位端则称为短路。

(二) 电流

如前所述，带电粒子的定向移动便形成电流。在金属导体中，电流是由电子定向移动形成。为了叙述的方便，人们规定：正电荷移动的方向就是电流的方向。电流分为直流电流和交流电流。凡是电流方向不随时间变化的电流叫直流电流。大小和方向都随时间变化的电流叫交流电流。在直流电路中，电流从电源正极出发，在外电路中通过开关和负载回到电源负极。

电流的大小，用电流强度来量度。电流强度等于通过导体某截面的电量和通过这些电量所用时间之比，在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电量。用公式表示为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-6)$$

式中： Q ——通过导体横截面的电量 (C)

t ——通过电量 Q 所用的时间 (s)

I ——电流强度 (A)

显然， $1\text{A} = 1\text{C/s}$

除安培(A)外，常用的电流强度的单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μA)。它们的换算关系为

$$1\text{kA} = 1000\text{A} = 10^3\text{A}$$

$$1\text{A} = 1000\text{mA} = 10^3\text{mA}$$

$$1\text{mA} = 1000\mu\text{A} = 10^3\mu\text{A}$$

电路中电流强度的大小可以用电流表来测量，测量时必须注意以下三点：

1. 测量时先断开被测电路，将电流表串联于被测电路中。

2. 电流表接入电路时，必须注意其正负极性，即电流表正极，接被测电路断开点的高电位端，负极接低电位端，让电流从电流表正极流入，负极流出。

3. 注意被测电路的电流不能大于电流表的最大测量范围（量程）。

(三) 电阻

电流通过导体时，将受到阻碍。导体对电流的阻碍性质叫电阻。

电阻常用字母 R 表示，单位是欧姆，简称“欧”，用符号 Ω 表示， 1Ω 的定义是：如果在导体两端加上 1V 的电压，通过的电流为 1A ，则这段导体的电阻值就是 1Ω 。即

$$1\Omega=1V/1A$$

实际应用中，还可使用 $k\Omega$ （千欧）和 $M\Omega$ （兆欧）做单位，其换算关系为：

$$1k\Omega=10^3\Omega$$

$$1M\Omega=10^6\Omega$$

导体的电阻与哪些因素有关呢？实验证明，导体的电阻与导体的长度成正比，与导体的横截面积成反比，并与导体的材料有关，用公式表示为：

$$R=\rho\frac{L}{S} \quad (1-7)$$

式中： L ——导体的长度（m）

S ——导体横截面积（ m^2 ）

ρ ——导体的电阻率，欧·米（ $\Omega\cdot m$ ）

电阻率是反映材料导电性能好坏的物理量。对于同一种材料，电阻率是一个常数，材料不同，电阻率也不同。电阻率越大的材料，电阻也越大。

$$\text{由式 (1-7) 可得} \quad \rho=R\frac{S}{L}$$

当 $L=1m$ ， $S=1m^2$ 时， ρ 的数值等于 R 。即 是说 电阻率的数值等于长度为 $1m$ ，横截面积为 $1m^2$ 的材料的电阻，所以，电阻率的单位为 $1\text{欧}\cdot\text{米}(\Omega\cdot m)$ 。

常用金属材料的电阻率见表1-1所列。

从表1-1可见，在金属导体中，银的电阻率最小，导电性能最好，但银价格昂贵，只能用于某些特殊场合。铜和铝的电阻率也较小，其中铝价格便宜，产量也较铜大，在电气工程中，铝线用得很多。合金的电阻率较大，它能承受较高温度，适用于制造电热器具的发热体和电阻器件。